

Timo Värinen

# **Automaattisen sammutuslaitteiston kustannus- hyötyanalyysi ja vaikuttavuusarviointi**

Opinnäytetyö

Syksy 2016

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: LVI-tekniikka

Tekijä: Timo Värinen

Työn nimi: Automaattisen sammutuslaitteiston kustannus-hyötyanalyysi ja vaikuttavuusarviointi

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2016

Sivumäärä: 39

Liitteiden lukumäärä: 1

---

Opinnäytetyössä selvitettiin automaattisen sammutuslaitteiston kustannusten ja hyötyjen muodostuminen. Lisäksi tehtiin Excel-pohjainen työkalu kustannus-hyötyanalyysin ja vaikuttavuuden arvioinnin tueksi. Kannattavuuden arviointi on syytä tehdä huolellisesti ja dokumentoida selkeästi, jolloin päätöksentekijän on helppo käyttää sitä investointipäätöksen tukena.

Automaattisen sammutuslaitteiston laajan kustannus-hyötyanalyysin suorittamiseksi on hankittava riittävät lähtötiedot. Tarvittavat lähtötiedot joudutaan hankkimaan useista eri lähteistä, kuten tilastoista ja tutkimuksista. Tehdyn Excel-työkalun yhtenä tarkoituksena oli koota tietoja yhteen myöhempää käyttöä varten. Perinteisiä investointilaskentamenetelmiä voidaan hyödyntää automaattisen sammutuslaitteiston kannattavuuden arvioinnissa. Useita hyötyjä on kuitenkin vaikea arvioida rahamääräisenä. Ei-rahamääräisten vaikutusten arviointiin tarvitaan useiden asiantuntijoiden ammattitaitoa.

Avainsanat: kustannus-hyötyanalyysi, elinkaarianalyysi, sprinklerilaitteistot

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: HVAC

Author: Timo Värinen

Title of thesis: Cost-benefit analysis of an automatic fire sprinkler system

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2016

Number of pages: 39

Number of appendices: 1

---

The thesis is about finding what the costs and benefits of an automatic fire sprinkler system are. An Excel based tool was created to help making a cost-benefit analysis and impact assessment. A cost-effectiveness analysis must be made carefully and documented clearly, so a decision maker can use it to support investment decisions.

To make a cost-benefit analysis of an automatic fire sprinkler system, a lot of information must be collected from many sources. One purpose of the Excel tool was to collect that data. Many traditional investment calculations can be used but it is hard to find money value for many of the benefits. That is why experienced specialists are needed.

Keywords: cost-benefit analysis, cost-effective decision, fire sprinkler, life-cycle cost

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ.....	4
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	7
1 JOHDANTO.....	8
2 YLEISTÄ SAMMUTUSJÄRJESTELMISTÄ .....	9
2.1 Standardit.....	9
2.2 Erilaiset järjestelmät .....	10
2.3 Sprinkleriluokat.....	11
2.4 Vesilähde .....	11
2.5 Putkisto ja varusteet.....	13
2.6 Tarkastukset ja kunnossapito.....	14
3 VAIKUTTAVUUS JA HYÖDYT .....	17
3.1 Tulipalon seuraukset.....	17
3.2 Suunnitteluvapaudet .....	18
3.3 Pelastuslaitoksen työturvallisuus.....	18
3.4 Laitteiston luotettavuus.....	18
3.5 Ympäristövaikutukset .....	19
3.6 Muita vaikutuksia.....	20
4 Lähtötietojen hankinta .....	21
4.1 Asennuskustannukset .....	21
4.2 Tulipalon ja vahinkojen todennäköisyys .....	22
4.3 Vahinkojen arvo .....	23
4.4 Vakuutusmaksualennus .....	24
5 Investointilaskentamenetelmien perusteet.....	25
5.1 Perusmenetelmät .....	25
5.2 Elinkaarikustannukset .....	27
5.3 Kustannus-hyötyanalyysi.....	28
5.4 Kustannus-vaikuttavuusanalyysi .....	29
6 Esimerkkikohde .....	30

6.1 Lähtötiedot .....	30
6.2 Automaattisen sammutuslaitteiston kustannukset.....	31
6.3 Rahamääräiset vaikutukset.....	32
6.4 Kustannus-hyötyanalyysi.....	33
6.5 Vaikutusten arviointi .....	34
7 Johtopäätökset.....	36
LÄHTEET.....	37
LIITTEET .....	39

## Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Erilaiset jakotavat (mukaillen CEA 4001 2007, 147–155). .....	14
Kuvio 2. Hiilidioksidipäästöjen kertyminen rakennuksen elinkaaren aikana (mukaillen Wiezoreck ym. 2010, 3). .....	19
Kuvio 3. Tulevat kustannukset diskontataan nykyhetkeen. ....	26
Kuvio 4. Investoinnin kustannuksista annuiteetiksi. ....	27
Taulukko 1. Sammutusjärjestelmien kustannuksia (Haahtela 2015). ....	22
Taulukko 2. Henkilövahinkojen arvot 2013 (Tervonen & Metsäranta 2015, 26). ....	23
Taulukko 3. Sammutusjärjestelmien kustannukset. ....	32
Taulukko 4. Vuosittaiset kustannukset palovahingoista. ....	33
Taulukko 5. Esimerkin vaikutusten arviointi. ....	35

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Asennus</b>	Osa sprinklerilaitteistoa, johon sisältyy yksi asennusventtiili sekä siihen liitetyt putkistot, sprinklerit ja muut laitteet.
<b>Sprinkleri</b>	Lämpöön reagoivalla sulkumekanismilla varustettu suutin, joka avautuessaan levittää vettä palon sammuttamiseksi.
<b>Palo-osasto</b>	Rakennuksen osa, josta palon leviäminen on määrätyn ajan estetty osastoivin rakennusosin tai muulla tehokkaalla tavalla.
<b>Kaksoiskampajako</b>	Putkisto, jossa on haarajohtoja jakojohdon kummallakin puolella.
<b>Kampajako</b>	Putkisto, jossa on haarajohtoja vain jakojohdon toisella puolella.
<b>Gridijako</b>	Putkisto, jossa vesi virtaa jokaiselle sprinklerille useampaa kuin yhtä reittiä pitkin.

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, miten automaattisten sammutusjärjestelmien rakentamisen kannattavuutta voidaan arvioida sekä tehdä työkalu laskennan suorittamiseksi ja raportoimiseksi. Kannattavuutta arvioidaan yhdistelemällä elinkaarikustannuslaskennan, kustannus-hyötyanalyysin ja kustannus-vaikuttavuusanalyysin käyttämistä. Työ on tehty Granlund Oy:n toimeksiannosta.

Toisessa luvussa esitellään automaattisen sammutuslaitteiston perusteita ottaen huomioon muodostuvia kustannuksia sekä selvitetään laitteistolla saavutettavia hyötyjä ja vaikutuksia. Kolmannessa luvussa käsitellään automaattisella sammutuslaitteistolla saavutettavia taloudellisia hyötyjä ja muita vaikutuksia. Seuraavassa luvussa selvitetään, mitä muita lähtötietoja, toisessa ja kolmannessa luvussa esitettyjen lisäksi, tarvitaan investointilaskelmien suorittamiseksi.

Viidennessä luvussa esitellään erilaiset investointilaskentamenetelmät, joita voidaan hyödyntää automaattisen sammutuslaitteiston kannattavuuden arvioinnissa. Seuraavassa luvussa tehdään esimerkkikohteeseen kannattavuuslaskelma ja vaikutusten arviointi. Lopuksi pohditaan investointilaskentamenetelmien soveltuvuutta sammutuslaitteistojen kannattavuuden laskennassa.



## 2 YLEISTÄ SAMMUTUSJÄRJESTELMISTÄ

Rakentamismääräyskokoelman osassa E1 annetaan määräyksiä ja ohjeita koskien rakennusten paloturvallisuutta. Rakentamismääräyskokoelmassa annetaan rakenteellisen paloturvallisuuden määräyksiä myös erityiskohteisiin, kuten tuotanto- ja varistorakennukset (E2), autosuojat (E4) ja ilmanvaihtolaitokset (E7).

Rakentamismääräyskokoelma E1 (2011) kohdan 11.7 mukaan kohteista, jotka ovat henkilöturvallisuuden kannalta vaativia, on laadittava erityinen turvallisuusselvitys riittävän turvallisuustason saavuttamiseksi. Saman kohdan ohjeen mukaan tällaisia kohteita ovat hoitolaitokset sekä majoitustilat ja asunnot, joissa olevien henkilöiden poistumismahdollisuudet ovat tavanomaista huonommat.

Asennettaessa rakennukseen automaattinen sammutuslaitteisto voidaan sallia lievennyksiä mm. palo-osastojen pinta-alaan, etäisyydestä uloskäytävään ja rakenteita koskevista määräyksistä. Automaattinen sammutuslaitteisto on asennettava P2-luokan 3–8-kerroksiseen rakennukseen. (Rakentamismääräyskokoelma E1 2011, 36.)

SFS-EN 12845 +AC -standardin (2015, 6) mukaan sprinklerilaitteisto on tarkoitettu ilmaisemaan ja sammuttamaan alkava tulipalo tai pitämään palo hallinnassa. Standardissa huomautetaan myös, ettei voida olettaa sprinklerisuojausten tekevän muita sammutustoimenpiteitä tarpeettomiksi, vaan paloturvallisuus tulee suunnitella kokonaisuutena.

### 2.1 Standardit

Automaattisiin sammutusjärjestelmiin, niiden suunnitteluun, asentamiseen ja kunnossapitoon sovelletaan ensisijaisesti seuraavia standardeja: CEA 4001, SFS-EN 12845 ja SFS 5980. Lisäksi apuna voidaan käyttää esimerkiksi NFPA:n standardeja 13 ja 13R. SFS-EN 12845 ja CEA 4001 vastaavat hyvin toisiaan, CEA 4001:n ollessa kuitenkin hieman laajempi. SFS 5980 ja NFPA 13R koskevat asuntojen sammutusjärjestelmiä.

Standardin valinnalla ei ole juurikaan merkitystä sammutuslaitteiston kustannuksiin. Laitteiston toimivuuden ja käyttötarkoituksen mukaisuuden varmistamiseksi on tärkeää valita ja noudattaa soveltuvaa standardia.

## 2.2 Erilaiset järjestelmät

Automaattisen sammutusjärjestelmän valinta vaikuttaa oleellisesti järjestelmältä vaadittavaan veden paineeseen ja virtaamaan. Sumusprinklerit vaativat pääsääntöisesti suuremman paineen ja paineenkorotuspumppaamon, mutta pienemmän vesimäärän kuin tavanomainen sprinklerijärjestelmä. Tässä opinnäytetyössä käsitellään pääasiassa vesisprinklerijärjestelmiä, joiden erilaisia asennuksia esitellään seuraavaksi lyhyesti.

**Märkäasennus** on normaalisti täytetty paineellisella vedellä. Suojaus jäätymiseltä toteutetaan lämmityskaapelilla, jäänestoaineella tai asentamalla kuivajatkoasennus. Yhdellä märkäasennusventtiilillä voidaan suojata OH-luokassa 12 000 m<sup>2</sup>:n alue. (SFS-EN 12845 + AC 2015, 64–65.) Normaalin sprinkleriluokan märkäasennukset voidaan jakaa vyöhykkeisiin, jolloin yhdelle märkäasennusventtiilille voidaan liittää suurempi pinta-ala. Jokainen vyöhyke on varustettava sulkuventtiilillä, virtauskytkimellä sekä kiinteillä testaus- ja tyhjennysjärjestelmillä. Lisäksi hälytysventtiili on varustettava molemmin puolin sulkuventtiilillä ja ohituskytkennällä. Yksittäisen vyöhykkeen suurin suojattu pinta-ala saa olla 6 000 m<sup>2</sup>. (SFS-EN 12845 + AC 2015, 130–131.)

**Kuiva-asennus** on kuten märkäasennus, mutta asennusventtiilin jälkeinen putkisto on täytetty paineellisella ilmalla tai inerttikaasulla veden sijaan. Kuiva-asennus on valittava kohteeseen, jossa on jäätymisen vaara. Suunnittelussa on huomioitava aika, joka vedellä kuluu putkiston täyttämiseen. OH-luokassa veden on saavuttava lauenneelle suuttimelle alle 60 sekunnissa. (SFS-EN 12845 + AC 2015, 65.)

**Ennakkolaukaisuasennuksia** on kahta tyyppiä, jotka ovat muutoin kuten kuiva-asennus, mutta tyyppi A vaatii suuttimen laukeamisen lisäksi paloilmaisujärjestelmän impulssin ja tyypin B asennusventtiilin laukaisee joko paloilmaisujärjestelmä tai suuttimen laukeaminen. (SFS-EN 12845 + AC 2015, 66.)

**Kuivajatkotasennuksella** voidaan märkäsennukseen liittää pieniä jäätymisvaara-alueita. Yhteen jatkoasennukseen saa liittää korkeintaan 100 sprinkleriä. (SFS-EN 12845 + AC 2015, 67.)

Monipuolisten asennusten ja järjestelmävaihtoehtojen avulla voidaan suunnitella joko kaiseen rakennukseen ja käyttötarkoitukseen paras mahdollinen sammutusjärjestelmä. Järjestelmävalinnalla on jonkin verran vaikutusta sammutusjärjestelmän kustannuksiin. Investointilaskentamenetelmin voidaan hyvin verrata eri ratkaisuvaihtoehtojen kustannustehokkuutta.

## 2.3 Sprinkleriluokat

Rakennuskohteen käyttötarkoitus ja palokuorma vaikuttavat sprinkleriluokan valintaan. Sprinkleriluokat ovat kevyt (LH), normaali (OH) ja raskas (HH). Normaali sprinkleriluokka ovat lisäksi jaettu neljään ryhmään. Ryhmä vaikuttaa järjestelmän mitoituskriteereihin siten, että OH1 on vähiten vaativa ja OH4 vaativin. Raskas sprinkleriluokka on jaettu lisäksi tuotantoon (HHP) ja varastointiin (HHS), sekä normaaliluokkaa vastaavasti neljään ryhmään. (SFS-EN 12845 + AC 2015, 24–25.)

Lisäksi standardissa SFS 5980 (2014, 21) asuntosprinklerilaitteistot luokitellaan tyyppeihin 1, 2 ja 3. Näistä tyyppi 3 on mitoitusperusteiltaan vaativin ja tyyppi 1 vähiten vaativa.

Sprinkleriluokka vaikuttaa suoraan suuttimien lukumäärään, putkiston kokoon sekä laitteistolta vaadittavaan toiminta-aikaan. Vaaditun toiminta-ajan saavuttamiseksi on vesilähteestä saatava vettä riittävästi, oikealla paineella ja virtaamalla. Täten sprinkleriluokalla on suoraan vaikutusta sammutuslaitteiston kustannuksiin.

## 2.4 Vesilähde

Sammutuslaitteiston yksinkertaisena vesilähteenä voi olla

- yleinen vesijohto paineenkorotuksella tai ilman
- vesisäiliö
- painesäiliö

- yläsäiliö
- luonnon vesilähde.

Varmennetulla yksinkertaisella vesilähteellä tarkoitetaan

- yleistä vesijohtoa, josta saadaan vaadittu virtaama molemmilta virtaus-suunnilta erikseen, se ei ole riippuvainen yksittäisestä runkojohdosta, sillä on kaksi vesilähdettä
- yläsäiliö ilman pumppuja
- vesisäiliö tai luonnon vesilähde vähintään kahdella pumpulla.

Kaksinkertainen vesilähde muodostuu kahdesta yksinkertaisesta toisistaan riippumattomasta vesilähteestä. (SFS-EN 12845 + AC 2015, 48–49.) Vesilähteistä käytetään myös CEA 4001:n mukaista luokitusta, jolloin C-luokka tarkoittaa yksinkertaista, B-luokka varmennettua yksinkertaista ja A-luokka kaksinkertaista vesilähdettä. Vesilähteen valintaan vaikuttavat oleellisesti sammutuslaitteistoin vaatima paine, virtaama ja toiminta-aika.

Vesilähteen kustannuksia ovat vesijohtoon liittymismaksut ja sen vuosimaksu sekä paineenkorotuspumppaamon ja vesisäiliön rakentaminen. Paineenkorotusta ja vesisäiliötä ei tarvita, jos yleisestä vesijohdosta saadaan riittävä paine, virtaama ja kohteeseen riittää yksinkertainen tai varmennettu yksinkertainen vesilähde. Paineenkorotuspumppaamon ja etenkin vesialtaan rakentaminen korottavat järjestelmän hintaa huomattavasti.

Pumppaamoita ja vesialtaita voidaan käyttää myös useamman kuin yhden rakennuksen suojaukseen. Yhteiskäyttöisellä pumppaamolla saadaan helposti säästöä kustannuksissa. Suunniteltaessa tällaista pumppaamoa on otettava huomioon pumppaamoon myöhemmin liitettävät rakennukset ja niille arvioidut vaaditut paineet ja virtaamat. Tällaisessa tilanteessa on hyvä arvioida myös, miten suuri riski on, että tulipalo syttyy yhtä-aikaisesti useammassa rakennuksessa ja pystyykö pumppaamo vastaamaan sammutusjärjestelmän vaatimuksiin.

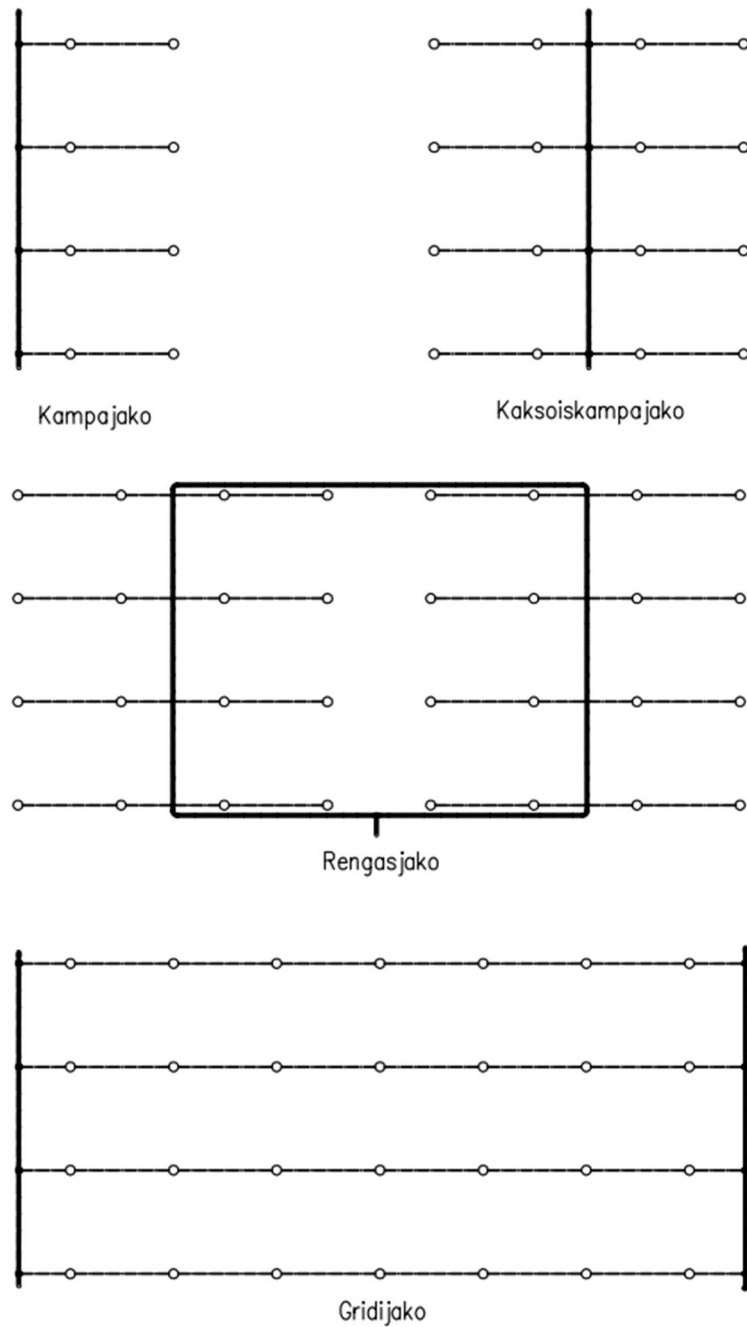
## 2.5 Putkisto ja varusteet

Asennusventtiilien jälkeen putkien tulee olla terästä tai kuparia ja seinämäpaksuudeltaan vähintään ISO 65M -standardin mukaiset. Putkien on oltava korjattavissa ja muutostöiden mahdollisia. Lisäksi putkiston on oltava tyhjennettävissä vedestä joko asennusventtiilin tyhjennysventtiilin tai erillisten tyhjennysventtiilien kautta. (SFS-EN 12845 + AC 2015, 106–107.)

LVI 01-10424 -kortissa (2008, 29) palonsammutusjärjestelmien keskimääräiseksi tekniseksi käyttöikäksi annetaan rakennuksen käyttöikä. Samassa kortissa muissa käyttötarkoituksissa teräsputkien keskimääräinen käyttöikä on yli 50 vuotta ja venttiilien 20–30 vuotta.

Teräsputken suurin riski on sen ruostuminen ja siitä johtuvat vuodot tai suuttimien tukkeutuminen. Korroosion hidastamiseksi on putkisto suunniteltava huolellisesti. Märkäasennuksen putkistoon jäävä ilma lisää korroosion riskiä huomattavasti ja siksi siihen on tarvittaessa asennettava ilmanpoistimia. Kuiva-asennuksessa korroosiota aiheuttaa putkistoon jäävä kosteus ja vesi.

Vaikutusmahdollisuudet putkiston materiaali- ja asennuskustannuksiin ovat rajalliset. Pyrkimällä käyttämään pienempää putkikokoa, lyhempiä putkia ja huomioimalla kannakoinnin tarve suunnitellessa voidaan saada aikaan säästöä. Rakennuskohteen muodon, käyttötarkoituksen ja muun tekniikan mukaan voidaan verkoston jakotavaksi valita kampa-, kaksoiskampa-, rengas- tai gridijako. Kampajako soveltuu erityisesti pienempien ja monimuotoisten tilojen suojaamiseen. Gridijako on hyvä laajojen tilojen suojaamiseen. Kuvio 1 selventää erilaisia jakotapoja.



Kuvio 1. Erilaiset jakotavat (mukaillen CEA 4001 2007, 147–155).

## 2.6 Tarkastukset ja kunnossapito

Sammutuslaitteistoasetuksen (A 744/2000, 5 luku, 10 §) mukaan määräaikaistarkastus on tehtävä kahden vuoden välein. Tarkastuksen tarkoituksena on varmistaa laitteiston toimintakunto ja määräystenmukaisuus. Laitteiston toimintakunto varmistetaan huolto- ja kunnossapito-ohjelmalla, jonka toimenpiteet suorittaa yleensä laitteistonhoitaja.

Viikoittain suoritettavia tarkastuksia ovat

- veden- ja ilmanpaineiden tarkastus
- vedenpinnan tasojen tarkastus
- pääsulkuventtiilien asennon tarkastus
- vesimoottorikäyttöisen hälytyskellon toimintakoe
- automaattisten pumppujen käynnistyskoe
- dieselmoottorin käsikäynnistyskoe
- jäätymisen estämiseksi asennettujen lämmitysjärjestelmien toiminnan tarkastus. (SFS-EN 12845 + AC 2015, 114–115.)

Kuukausittaisiin tarkastuksiin kuuluu akkujen tarkastus.

Neljännesvuosittain on suoritettava

- kohteen luokituksen tarkastus
- sprinklereiden, ryhmälaukaisijoiden ja suuttimien puhdistus ja tarkastus
- putkiston ja kannakoinnin tarkastus
- vesilähteet ja sen hälytyksien testaus
- sähkönsyötön, sulkuventtiilien ja virtauskytkimien toiminnan tarkastus
- varaosien tarkastus. (SFS-EN 12845 + AC 2015, 115–117.)

Puolen vuoden välein on tarkastettava kuiva-asennusventtiilit ja hälytysyhteydet. Vuosittain suoritettavia tarkastuksia ovat pumppujen virtaamatestit, dieselpumpun käynnistysohjelman koe sekä vesisäiliön uimuriventtiilien ja imusihtien tarkastus. Kolmen vuoden välein on tarkastettava sulku-, hälytys- ja yksisuuntaventtiilit sekä vesi- ja painesäiliöt. Vesisäiliöt on 10 vuoden välein tyhjennettävä, puhdistettava ja tarkastettava sisältä. (SFS-EN 12845 + AC 2015, 117–118.)

SFS-EN 12845 + AC -standardin (2015, 152) K-liitteen ohjeistuksen mukaan 25 vuoden jälkeen putkisto on huuhdeltava, koeponnistettava sekä osittain tarkastettava sisäisesti ja ulkoisesti. Lisäksi liitteessä määritellään tarkastettavien sprinklereiden lukumäärä ja niiden tarkastettavat ominaisuudet.

SFS 5980 (2014, 58) mukaan asuntosprinklerilaitteistoja voidaan huoltaa SFS-EN 12845 -standardin mukaisesti tai kevennetyllä huolto-ohjelmalla. Tyypin 3 asuntosprinklerilaitteiston kunnossapidossa on aina noudatettava SFS-EN 12845 -standardia.

Tarkastuksista ja huollosta tulee sammutusjärjestelmälle kuluja säännöllisesti. Sammutuslaitteiston huolto voidaan yhdistää muuhun kiinteistönhuoltoon, kunhan kiinteistönhoitaja on saanut riittävän koulutuksen laitteiston käyttöön.



### 3 VAIKUTTAVUUS JA HYÖDYT

Automaattisilla sammutuslaitteistoilla on erilaisia vaikutuksia ja hyötyjä. Niiden arviointi ja arvottaminen on haastavaa ja usein rakennuskohteella on suuri merkitys. Seuraavassa on esitelty muutamia selkeimpiä vaikutuksia ja hyötyjä, joita on tarpeen arvioida automaattisen sammutusjärjestelmän kannattavuutta arvioitaessa.

#### 3.1 Tulipalon seuraukset

Selkeimmät hyödyt automaattisella sammutusjärjestelmällä saavutetaan tulipalossa tapahtuvien kuolemien, loukkaantumisien ja materiaalisten vahinkojen vähenemisestä. Sprinklerin vaikutusta edellisiin voidaan arvioida tilastoista. Suomalaiset tilastot eivät ole kovin kattavia eikä niitä ole koottu yhteen. Siksi joudutaan hyödyntämään muiden tekemiä tutkimuksia ja tilastoja.

Vaari ym. (2010, 124) käyttivät asuntosprinklerin tehokkuutena palokuolemien, loukkaantumisien ja omaisuusvahinkojen estämisessä tyypillisenä arvona 0,8. Herkkyystarkastelua varten on valittu arvot 0,7 matalaksi ja 0,9 korkeaksi. Valituilla arvoilla palokuolemat, loukkaantumiset ja omaisuusvahingot ovat sprinklatussa kohteessa 10–30 % sprinklaamattoman rakennuksen vastaavista. Automaattisen sammutuslaitteiston ollessa hyvin luotettava voi tehokkuus henkilövahingoissa olla parempikin.

Materiaalivahinkoja tarkasteltaessa sumusprinkleri voi olla hieman tehokkaampi kuin tavanomainen sprinklerijärjestelmä. Tämä johtuu vähäisemmästä vedenkäytöstä. Suurempi merkitys veden aiheuttamien vahinkojen estämisessä on kuitenkin nopea ja oikea toiminta tulipalon sammumisen jälkeen.

Tulipalon seuraukset voivat olla todella kauaskantoisia. Välittömien seurausten lisäksi rakennus voi olla käyttökelvoton ja sitä joudutaan korjaamaan tai rakentamaan uudelleen. Yrityksille ja yhteisölle tällaisella keskeytyksellä voi olla merkittäviä seurauksia. Yksittäisille ihmisille tulipalo voi merkitä esimerkiksi fyysisen ja henkisen terveyden ongelmia, työn menetystä ja pelkoja. Näiden vaikutusten arviointi on kustannussuunnittelussa tehtävä kohdekohtaisesti.

### **3.2 Suunnitteluvapaudet**

Rakennusmääräyskokoelman perusteella rakenteelliseen paloturvallisuuteen sallitaan lievennyksiä asennettaessa rakennukseen automaattinen sammutuslaitteisto, mutta määräyksessä ei määritellä lievennyksiä tarkasti. Lievennyksiä voidaan sallia mm. palo-osastojen pinta-alaan, etäisyydestä uloskäytävään ja rakenteita koskevista määräyksistä (Rakentamismääräyskokoelma E1 2011, 36). Näiden vapauksien vaikutusten rahallinen arviointi on haastavaa. Esimerkiksi palo-osastojen koon suurentamisella voidaan saada säästöjä ainakin palo-osastoivissa rakenteissa ja varusteissa, ilmanvaihdon palopeltien määrässä ja läpivientien paloerityksissä. Suunnitteluvapauksien hyödyntämisessä on eri alojen suunnittelijoiden välinen yhteistyö tärkeää.

### **3.3 Pelastuslaitoksen työturvallisuus**

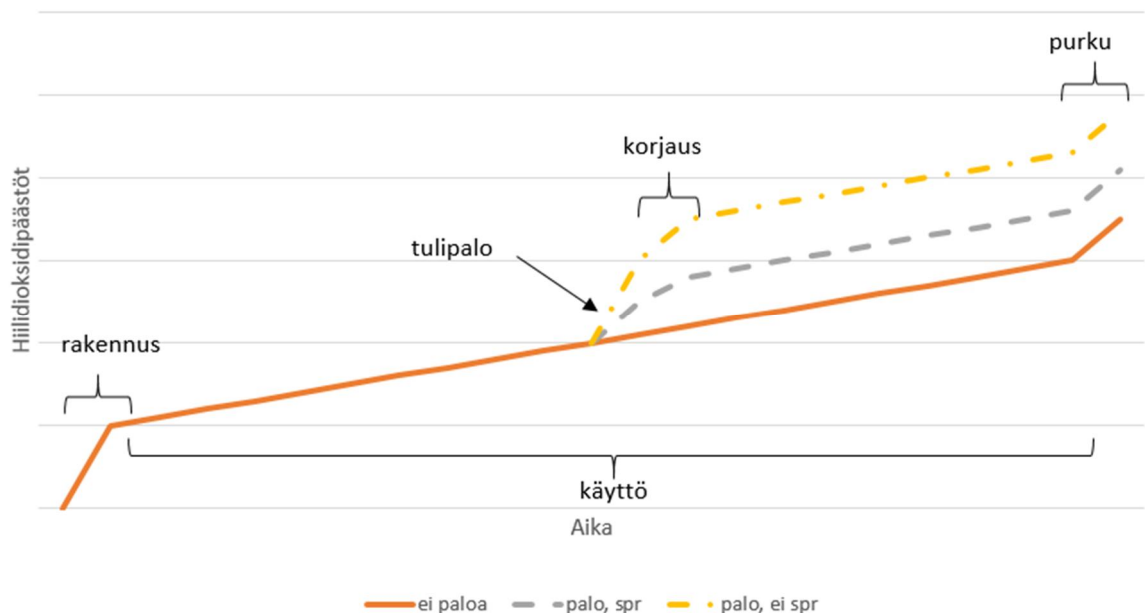
Automaattinen sammutuslaitteisto ei tee pelastuslaitosta tarpeettomaksi, vaan parantaa pelastuslaitoksen työskentelyolosuhteita ja vähentää rakennuksen sortumisriskiä. Sammutuslaitteiston toimiessa oikein pelastuslaitoksen tehtäväksi jäävät sammutuksen varmistaminen, laitteiston sulkeminen ja jälkivahinkojen torjunta. Tehtävistä voidaan selvitä vähemmällä henkilöstöllä, jolloin pelastuslaitoksen kaikkia resursseja ei tarvitse sitoa yhteen kohteeseen.

### **3.4 Laitteiston luotettavuus**

Yleisesti automaattisen sammutuslaitteiston luotettavuus määritetään palon sammuttamisen tai rajoittamisen onnistumisen todennäköisyytenä tilastotietoihin perustuen. Aihetta on tutkittu melko paljon useissa eri maissa. Esimerkiksi Japanissa Watanabe (1979) on päätenyt tutkimuksessaan sprinklerilaitteiston luotettavuuteen 0,98 (Rönty, Keski-Rahkonen & Hassinen 2004, 29). Toisin sanoen vain 2:ssa % sprinklatuista rakennuksista sprinkleri ei toiminut odotetulla tavalla. Vastaava tulos on saatu useissa tutkimuksissa.

### 3.5 Ympäristövaikutukset

Rakennusten hiilijalanjälkeä pyritään pienentämään energiatehokkuutta parantamalla sekä uudisrakennuksissa että saneerauskohteissa. Yksittäinen tulipalo voi kuitenkin mitätöidä energiatehokkuusratkaisujen hyödyt. Tämä johtuu tulipalon aiheuttamista hiilidioksidista, muista kasvihuonekaasuista, sammutusveden saastumisesta sekä tuhoutuneen materiaalin hävittämisestä ja uudelleenrakentamisesta. (Wieczorek, Ditch & Bill 2010, i.) Kuvio 2 kuvaa, miten rakennuksen hiilidioksidipäästöt voivat kertyä rakennuksen elinkaaren aikana ja miten tulipalo ja sprinklerisuojaus siihen vaikuttavat.



Kuvio 2. Hiilidioksidipäästöjen kertyminen rakennuksen elinkaaren aikana (mukailen Wieczorek ym. 2010, 3).

Kasvihuonekaasujen vähentämiseen automaattinen sammutusjärjestelmä on tehokas. Wieczorek ym. (2010, 61) FM Globalille tehdyissä palokokeissa sprinklerit vähensivät palossa muodostuvia kasvihuonekaasuja 97,8 %.

Sammutettaessa tulipalo vedellä veteen liukenee erilaisia epäpuhtauksia ja vesi voi kuljettaa vaarallisia kemikaaleja ympäristöön. Sammutusvesi voi päätyä viemäriin tai maaperään, josta se voi päätyä pintavesiin tai imeytyä pohjaveteen. Wieczorekin ym. (2010, 63) tutkimuksen mukaan asuinrakennuksen palon sammuttamiseen tarvitaan 50–91 % vähemmän vettä, kun rakennuksessa on sprinkleri.

### 3.6 Muita vaikutuksia

Automaattisilla sammutuslaitteistoilla saavutettavia muita hyötyjä ovat muun muassa

- turvallisuuden tunteen lisääntyminen
- vakuutusmaksujen alentaminen
- nopeutunut hälytysilmoitus pelastuslaitokselle
- pelastustoimen ja sairaanhoidon kustannusten alentaminen
- ympärivuorokautinen toimintavalmius
- kulttuuriarvon suojaaminen
- toiminnan julkisuuskuvan turvaaminen
- lähistöllä olevien turvallisuuden paraneminen
- yhteiskunnan toimintojen turvaaminen (Bureau Veritas 2011, 6; Ihalainen 2016).

## 4 Lähtötietojen hankinta

Laskelmiin tarvittavien lähtötietojen hankinta vaatii useista lähteistä haettavia ja tulokittavia tilastoja ja muita tietoja.

Helpointa on aloittaa rakennuksen perustiedoista:

- rakennuspaikka
- rakennusajankohta
- pinta-ala
- rakennuksen tai sen tilojen käyttötarkoitus
- yleisestä vesijohdosta saatava paine ja virtaama.

Näiden perusteella voidaan valita sammutusjärjestelmän tyyppi, vesilähde ja mitoitusterusteet. Näiden avulla voidaan arvioida sammutusjärjestelmän rakennuskustannusta.

Muita hyödyllisiä lähtötietoja ovat muun muassa

- syttymistäajuustiheys
- palokuolemat
- loukkaantumiset tulipalossa
- materiaalien vahinkojen määrä tulipalossa
- haitallisten aineiden määrä tulipalossa
- vakuutusmaksujen kustannukset
- muut tulipalon kustannukset
- sammutuslaitteiston vaikutus edellisiin.

Kaikkia tietoja tai rahallista vaikutusta ei välttämättä saada selvitettyä, jolloin ne täytyy pyrkiä huomioimaan muutoin. Tarkoilla ja laaja-alaisilla lähtötiedoilla on investointipäätöksen tekeminen mielekkäämpää kuin vähäisin tiedoin.

### 4.1 Asennuskustannukset

Automaattisen sammutusjärjestelmän kustannusten arviointiin voidaan käyttää Haahtelan Talonrakennuksen kustannustietoa. Taulukkoon 1 on koottu Haahtelan

(2015, 267) kirjasta sprinkleri- ja sumujärjestelmien kustannukset Haahtela-indeksillä 85. Hinnoitteluohjeen mukaan hinnat koskevat keskiraskasta järjestelmää, jolloin kevyen järjestelmän hinnat ovat 0,8 x taulukon hinta. Matalapainejärjestelmällä tarkoitetaan tässä alle 20 baria ja korkeapainejärjestelmällä yli 100 barin toimintapainetta. Mitoitusperuste on suojauksen pinta-ala. Taulukon arvot ovat interpoloituja.

Taulukko 1. Sammutusjärjestelmien kustannuksia (Haahtela 2015).

<b>Tyyppi</b>	<b>Laajuus</b>	<b>Hintataso (€/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Sprinker-alue</b>	<b>500 m<sup>2</sup></b>	<b>41</b>
<b>Sprinker-alue</b>	<b>1000 m<sup>2</sup></b>	<b>27</b>
<b>Sprinker-alue</b>	<b>5000 m<sup>2</sup></b>	<b>22</b>
<b>Sprinker-alue</b>	<b>10000 m<sup>2</sup></b>	<b>21</b>
<b>Korkeapainesumusprinkler-alue</b>	<b>500 m<sup>2</sup></b>	<b>104</b>
<b>Korkeapainesumusprinkler-alue</b>	<b>1000 m<sup>2</sup></b>	<b>62</b>
<b>Korkeapainesumusprinkler-alue</b>	<b>5000 m<sup>2</sup></b>	<b>58</b>
<b>Matalapainesumusprinkler-alue</b>	<b>500 m<sup>2</sup></b>	<b>83</b>
<b>Matalapainesumusprinkler-alue</b>	<b>1000 m<sup>2</sup></b>	<b>51</b>
<b>Matalapainesumusprinkler-alue</b>	<b>5000 m<sup>2</sup></b>	<b>44</b>

#### 4.2 Tulipalon ja vahinkojen todennäköisyys

Pelastuslaitokset ylläpitävät Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilastojärjestelmää (PRONTO), jonka julkisesti käytettävissä olevasta osuudesta ei suoraan saada tarvittavia tietoja. PRONTOn tietoihin perustuen on julkaistu kuitenkin esimerkiksi Pelastusopiston Pelastustoimen taskutilasto. Tillander, Oksanen & Kokki (2009) esittelevät laajasti tilastotietoja syttymistaajuustiheydestä, syttymien muista ominaisuuksista ja omaisuusvahingoista ja Kokki ym. käsittelevät laajasti palokuolemia Pelastusopiston julkaisussa Pelastuslaitoksen tutkimat palokuolemat 2007. Sammutuslaitteiston vaikutuksia palokuolemiin, loukkaantumisiin ja omaisuusvahinkoihin esiteltiin luvussa 3.1.

Syttymistaajuustiheys kertoo syttymien määrän kerrosalan neliömetriä kohden vuodessa. Yksikkö syttymistaajuustiheydelle on siten  $1/m^2a$ . Syttymistaajuustiheys voidaan laskea kerrosalan funktiona yleistetyn Barrois'n mallin avulla:

$$f_m'' = c_1 A^r + c_2 A^s, \quad (1)$$

missä

$c_1$ ,  $c_2$ ,  $r$  ja  $s$  ovat kokeellisesti tilastoaineistosta määritettäviä parametreja

$A$  on kerrosala (Tillander 2009, 24).

Tilastoaineistoon perustuvat rakennustyyppikohtaiset parametrit löytyvät Tillanderin tutkimusraportista.

#### 4.3 Vahinkojen arvo

Vakuutusyhtiöillä ja Finanssialan keskusjärjestöllä on tilastotietoja vahinkojen arvosta. Liikennevirasto on määrittänyt omien tarpeidensa mukaisesti henkilövahinkojen arvot vuonna 2013 taulukon 2 mukaisesti. Vaikka taulukon arvot koskevat erityisesti liikennevahinkoja, ne vastaavat hyvin muiden tutkimusten ja ohjeistuksien arvoja (Vaari ym. 2010, 126.) Tilastokeskuksen julkaiseman rahanarvokertoimen avulla taulukon eurot voidaan muuttaa vastaamaan halutun vuoden euroja.

Taulukko 2. Henkilövahinkojen arvot 2013 (Tervonen & Metsäranta 2015, 26).

Henkilövahinko	Euroa
Kuolema	2 406 199
Pysyvä vamma	1 349 564
Vaikea tilapäinen vamma	324 313
Lievä tilapäinen vamma	62 772
Tilapäinen vamma keskimäärin	193 542
Keskimääräinen vamma	309 145

Omaisuusvahinkojen arviointi on haastavaa. Rakennuksen käyttötarkoitus vaikuttaa huomattavasti. Teollisuusrakennuksen vahingot voivat olla huomattavasti suuremmat kuin vapaa-ajan rakennuksen. Kaikkien rakennustyyppien kokonaisvahinkosumman ja vahinkojen lukumäärän avulla voidaan arvioida keskimääräisen vahingon suuruus. Keskimääräinen vahinkosumma ei välttämättä ole kovin luotettava, sillä vahinkosumma jakautuu vahinkojen kesken siten, että 80 % vahinkosummasta kertyy 10 % paloista (Tillander ym. 2010, 78).

#### **4.4 Vakuutusmaksualennus**

Usein vakuutusyhtiöt lupaavat alennusta vakuutusmaksuissa, mikäli rakennuksessa on turvallisuutta parantavia laitteita, kuten turvalukko, rikosilmoitinjärjestelmä ja automaattinen paloilmoitinjärjestelmä tai sammutuslaitteisto. Alennuksen suuruus riippuu paljon rakennuksesta kokonaisuutena. Joihinkin käyttötarkoituksiin saattaa vakuutusyhtiö jopa vaatia automaattisen sammutuslaitteiston palovakuutuksen ehtona. Sammutuslaitteiston vaikutusta vakuutusmaksuihin tulisikin hankesuunnittelussa tiedustella vakuutusyhtiöltä. Vakuutusmaksualennuksella on enemmän merkitystä yksilön ja yrityksen kuin yhteiskunnan näkökulmasta.



## 5 Investointilaskentamenetelmien perusteet

Investointien kannattavuuden laskentaan on useita menetelmiä. Perusmenetelmiä tarvitaan monimutkaisemmissa laskelmissa. Seuraavassa esitellään automaattiseen sammutuslaitteistoon sovellettavia laskentamenetelmiä.

### 5.1 Perusmenetelmät

Automaattisten sammutuslaitteistojen kustannusten ja kannattavuuden laskennassa käytetään avuksi perinteisiä investointimenetelmiä. Näitä menetelmiä ovat annuiteetti-, nykyarvo- ja takaisinmaksuajan menetelmä.

**Takaisinmaksuajan** menetelmä on yksinkertainen. Siinä investoinnin kustannukset jaetaan vuosittaisilla tuotoilla. Diskontattaessa tuotot nykyhetkeen saadaan mukaan myös koron vaikutus. (Saari 2000, 52; 2004, 392-393.)

**Nykyarvomenetelmässä** tuotot ja vuotuiset kustannukset diskontataan arviointihetkeen. Diskonttauksen jälkeen tuotoista vähennetään kustannukset, jolloin nähdään tuottaako investointi voittoa vai tappiota. Diskonttaustekijä lasketaan kaavalla

$$K_{NA} = \sum [K_i * \frac{1}{(1+\frac{r}{100})^i}], \quad (2)$$

jossa

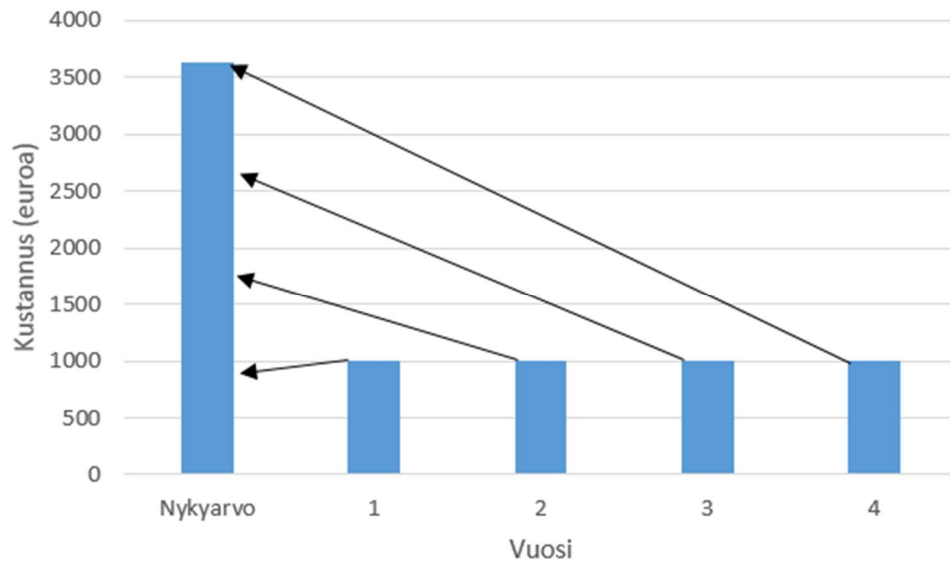
$K_{NA}$  on kustannusten nykyarvo

$K_i$  on kustannus vuonna  $i$

$r$  on korko (%) vuonna  $i$

$i$  on vuosi, jona kustannus toteutuu. (Saari 2000, 51-52; 2004, 392.)

Kuvio 3 havainnollistaa, miten 1 000 €:n vuosittaisesta kustannuksesta muodostuu nykyarvo 4 %:n korolla.



Kuvio 3. Tulevat kustannukset diskontataan nykyhetkeen.

**Annuiteettimenetelmällä** selvitetään investoinnin vuosittaiset tuotot, vuosittaisten kustannusten ja investointikustannusten vuosiosuuden jälkeen. Investointikustannukset jaetaan korkovaikutus huomioiden tarkasteltavalle ajanjaksolle. Vuosikustannus lasketaan kaavalla

$$K_{ANN} = \sum K_{NA} * \frac{\frac{r}{100} * (1 + \frac{r}{100})^n}{(1 + \frac{r}{100})^n - 1}, \quad (3)$$

jossa

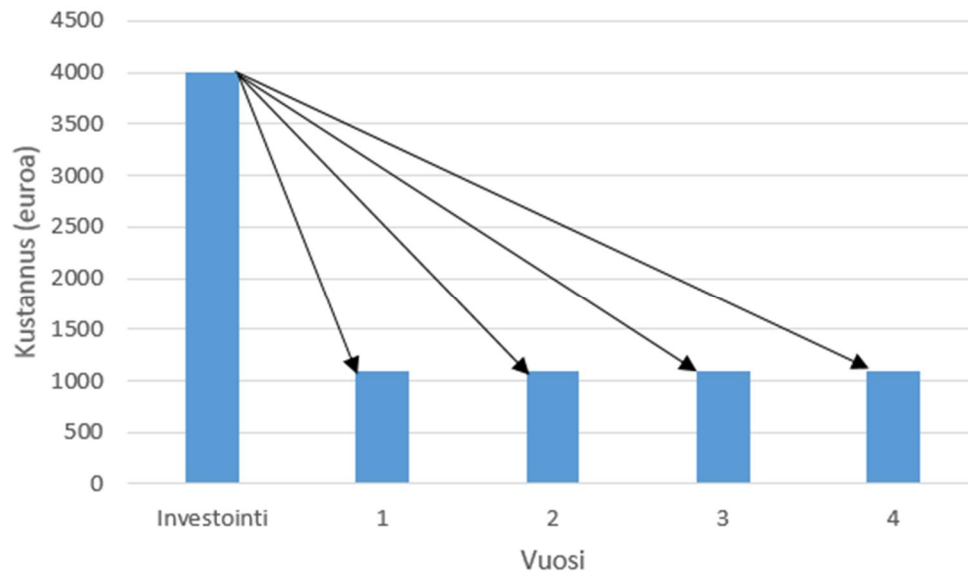
$K_{ANN}$  on kustannusten annuiteetti

$K_{NA}$  on kustannusten nykyarvo

$r$  on korko (%)

$n$  on laskenta-ajanjakso. (Saari 2000, 52; 2004, 392.)

Kuvio 4 havainnollistaa, miten 4 000 €:n investointi jakautuu vuosittaisiksi kustannuksiksi 4 %:n korolla.



Kuvio 4. Investoinnin kustannuksista annuiteetiksi.

Pitkälle aikavälille tehtyihin investointilaskelmiin sisältyy aina epävarmuutta. Siksi voidaan herkkyyssanalyysin avulla selvittää, muuttuuko laskennan tulos herkästi lähtötietoja muuttamalla. Analyysiin kannattaa valita kriittisiä arvoja ja etsiä arvot, joilla investoinnin kannattavuus muuttuu. (Saari 2004, 393.)

## 5.2 Elinkaarikustannukset

Elinkaarikustannusten laskenta on melko yksinkertainen tapa selvittää ja vertailla investointien taloudellista kannattavuutta. Investointi on kannattava, mikäli tuottojen annuiteetti on suurempi kuin kustannusten annuiteetti. Automaattisista sammutuslaitteistoista muodostuu kustannuksia koko elinkaaren ajan. Laitteiston tuotto muodostuu tulipalon seurausten säästöistä ja muista saavutettavista hyödyistä. Laitteiston kustannuksia voidaan kattaa myös rakennuksen tai sen osien vuokraamisella tai myynnillä. (Pulakka ym. 2007, 35.)

Sammutuslaitteiston elinkaarikustannuksia ovat

- suunnittelu- ja asennuskustannukset
- kunnossapidon kustannukset
- muutuskustannukset
- purkukustannukset.

Suunnittelu- ja asennuskustannuksiin kuuluu järjestelmä kokonaisuudessaan. Lisäksi on otettava huomioon vesilaitoksen liittymismaksu. Rakennuksen käyttötarkoituksen tai tilamuutosten vuoksi voidaan joutua muuttamaan sammutusjärjestelmääkin standardin vaatimusten mukaiseksi.

Tarkasteltavaksi ajanjaksoksi ei kannata valita kovin pitkää elinkaarta, sillä tilanteen arviointi useiden kymmenien vuosien päähän on erittäin hankalaa. Useissa tutkimuksissa sprinklerilaitteistolle valittu tarkastelujakso on 30 vuotta. Tarkasteltava ajanjakso ei läheskään aina ole sama kuin järjestelmän käyttöikä. Tutkittaessa erilaisia suunnitteluratkaisuja, on suositeltavaa valita ratkaisuille sama tarkasteluajanjakso.

### **5.3 Kustannus-hyötyanalyysi**

Kustannus-hyötyanalyysi on yksi keino laajentaa peruslaskentamenetelmiä. Menetelmällä voidaan analysoida investointeja tai investointivaihtoehtojen kannattavuutta laajalla näkökulmalla. Kuten elinkaarianalyysissä myös kustannus-hyötyanalyysissä eri aikoihin muodostuvat kustannukset ja tuotot pyritään tekemään vertailukelpoiksi. Kustannus-hyötyanalyysissä keskitytään hankkeen taloudellisiin vaikutuksiin.

Tarkasteltavalla näkökulmalla voi olla huomattava vaikutus analyysin tuloksiin. Tulipalon seuraukset vaikuttavat eri tavoin yksittäisen henkilön tai yrityksen näkökulmasta kuin yhteiskunnan näkökulmasta. Esimerkiksi yrityksen kannalta tuotannon keskeytyksetön jatkuminen, yrityskuvan säilyminen ja palovakuutusmaksun alennus voivat olla merkitseviä. Samassa tilanteessa yksittäistä ihmistä kiinnostaa oman työpaikan ja terveyden säilyminen sekä turvallinen työympäristö. Yhteiskunnan näkökulmasta kiinnostavaa voi olla rahalliset kustannukset ja ympäristövaikutukset.

Kustannus-hyötyanalyysin kulku voi olla seuraava:

- Arvioidaan investointikustannus.
- Arvioidaan investoinnin rahamääräiset vaikutukset.
- Muunnetaan kustannukset ja vaikutukset perusvuoden nykyarvoon.
- Lasketaan ja arvioidaan investoinnin kannattavuus.

- Dokumentoidaan laskelma myöhempää käyttöä varten.

#### **5.4 Kustannus-vaikuttavuusanalyysi**

Kustannus-hyötyanalyysissä hyötyjen rahamääräistäminen voi olla haastavaa tai jopa mahdotonta. Kustannus-vaikuttavuusanalyysillä pyritään vastaamaan tähän ongelmaan. Vaikutukset voidaan rahamäärän sijaan ilmaista paremmin soveltuvilla yksiköillä tai sanallisesti. Analyysillä pyritään selvittämään, miten vaikutukset voidaan saavuttaa minimikustannuksin tai kuinka ennalta määrätyllä kustannuksella saavutetaan suurin vaikutus. (Asikainen 2007, 29.)

Kustannus-hyötyanalyysi sisältää investoinnin vaikutukset vain osittain ja voi siten antaa harhaanjohtavan tuloksen. Investoinnin vaikutuksia on siksi tarkasteltava kokonaisuutena. Tarkastelu perustuu vaikutusselvityksiin sekä asiantuntijoiden näkemyksiin. Arviointi on sanallista ja eri näkökulmista perustelevaa. Arvioinnista on myös selvittävä, onko vaikutus huomioitu rahamääräisessä kannattavuuslaskelmassa.

## 6 Esimerkkikohde

Esimerkkikohteena kannattavuuslaskelmaan ja vaikutusten arviointiin käytetään Haahtelan Talonrakennuksen kustannustieto 2015 kirjassa olevan esimerkkilaskelman kohdetta. Esimerkissä verrataan, miten erilaisten automaattisten sammutusjärjestelmien asentaminen vaikuttaa kustannuksiin ja millainen vaikutus tällä on rakennuksen paloturvallisuuteen.

### 6.1 Lähtötiedot

Hankkeen perustiedot perustuvat Haahtelan (2015) kohteesta antamiin tietoihin. Kohde on viisikerroksinen korkeatasoinen asuinrakennus Helsingissä. Kaikki laskelmat, myös tätä opinnäytetyötä varten tehdyt, on tehty alkuvuoden 2015 tasossa, jolloin Haahtela-indeksi on 85. Asuntoja on yhteensä 47, joista suurin osa on kaksioita ja kaikki on varustettu omalla saunalla. Hankkeen bruttoala on 4 149 m<sup>2</sup> ja huoneistoala 3 668 m<sup>2</sup>. Hankkeen kokonaiskustannus ilman tontin hankintaa ja hanke- rahoitusta on 6 668 278 € (alv 0 %).

Taulukon 2 arvoja tarvitaan kannattavuuslaskelmassa. Arvot on ensin muutettava vastaamaan vuoden 2015 tasoa. Tilastokeskuksen rahanarvokertoimen mukaan 2013 vuoden euromäärä on kerrottava luvulla 1,008 3, jolloin se vastaa vuoden 2015 euroja. Kuoleman arvoksi tulee tällöin noin 2 426 170 € ja keskimääräisen vamman arvoksi saadaan noin 311 711 €.

Syttymistaajuustiheys arvioidaan Barrois'n mallin mukaisella kaavalla (1), jossa  $c_1$  on 0,14,  $c_2$  on 0,000005,  $r$  on -2.37 ja  $s$  on -0,01 (Tillander ym. 2009, 25). Näillä arvoilla syttymistaajuustiheydeksi saadaan  $4,6E-6$  1/m<sup>2</sup>a. Tulipalon syttymisen todennäköisyys on siten 0,0169 1/a.

Omaisuuksivahinkojen suuruuteen vaikuttaa moni tekijä ja sitä on hyvin vaikea arvioida. Tillanderin ym. (2009, 76) mukaan vuosina 2006–2007 kokonaisvahinkosumma rakennuspaloissa oli noin 432 miljoonaa euroa, vahinkojen lukumäärän ollessa 8 124 kpl. Tällöin vahingon keskimääräinen vahinkosumma on noin 53 175 €, joka 2015 vuoden tasoon muutettuna on noin 61 000 €.

Kuoleman ja loukkaantumisen todennäköisyytenä käytetään tässä samaa kuin Vaari ym. (2010, 124) käyttivät tekemässään erillispientalon kustannus-hyötyanalyysissä. Automaattisen sammutuslaitteiston tehokkuutena vahinkojen pienentämiseksi käytetään luvun 3.1 mukaista korkeaa arvoa.

Laskenta-ajanjaksona käytetään 30 vuotta. Laskentakorkona käytetään 4:ää %. Laitteiston jäännösarvo on 25 % investointikustannuksesta laskenta-ajanjakson lopussa.

## **6.2 Automaattisen sammutuslaitteiston kustannukset**

Sprinklerisuojaus voidaan toteuttaa tyypin 2 asuntosprinklerilaitteistona, jolloin järjestelmä on selkeästi Haahtelan (2015) tarkoittama kevyt järjestelmä. Taulukon 1 arvoista interpoloituna ja kevyeksi muunnettuna tämän kohteen kustannusarvio on sprinklerilaitteistolle 18,93 €/m<sup>2</sup>, matalapainesumujärjestelmälle 37,06 €/m<sup>2</sup> ja korkeapainesumujärjestelmälle 47,47 €/m<sup>2</sup>.

Automaattisen sammutuslaitteiston lisääminen rakennusosa-arvioon tarkoittaa, että hanke- ja kiinteistötehtävät sekä hankevaraukset on laskettava uudelleen, näin laskelmassa huomioidaan myös suunnittelutyö. Liitteessä 1 on jokaisen rakennusosa-arvion yhteenveto, josta edellä mainittu voidaan havaita. Taulukossa 3 on esitetty uudelleen laskettu hankkeen kokonaiskustannus käyttäen eri sammutusjärjestelmiä. Lisäksi taulukosta ilmenee automaattisen sammutusjärjestelmän osuus kokonaiskustannuksista, ottaen huomioon myös vaikutus hanketehtäviin ja hankevarauksiin.

Taulukko 3. Sammutusjärjestelmien kustannukset.

<b>Järjestelmä</b>	<b>Kokonaiskustannus (€, alv 0 %)</b>	<b>Sammutusjärjestelmän osuus (%)</b>
<b>Sprinkleri</b>	<b>6 772 477,02</b>	<b>1,54</b>
<b>Matalapainesumu- sprinkleri</b>	<b>6 862 940,89</b>	<b>2,84</b>
<b>Korkeapainesumu- sprinkleri</b>	<b>6 914 884,04</b>	<b>3,56</b>

Automaattisen sammutuslaitteiston huoltoon ja kunnossapitoon voidaan soveltaa kevennettyä menetelmää ja se voidaan yhdistää muuhun kiinteistönhuoltoon. Tällöin saadaan kunnossapidonkustannuksia alennettua huomattavasti. Huollon ja kunnossapidon kustannus arvioidaan tässä olevan 500 € vuodessa (Ihalainen 2016).

### 6.3 Rahamääräiset vaikutukset

Rahamääräisillä vaikutuksilla saavutettavia säästöjä voidaan pitää automaattisen sammutusjärjestelmän tuottoina. Ensin on siis selvitettävä, millainen vuosittainen kustannus muodostuu suojaamattoman rakennuksen palovahingoista. Tämä saadaan kertomalla palon syttymisen todennäköisyys vahingon todennäköisyydellä ja kustannuksella. Automaattisella sammutuslaitteistolla varustetun rakennuksen palovahinkojen vuosittainen kustannus saadaan kertomalla suojaamattoman rakennuksen vahingon suuruus 0,1:llä. Taulukkoon 4 on koottu tämän kohteen palovahinkojen vuosittainen arvioitu kustannus. Taulukosta voidaan päätellä myös, että sprinklerisuojauksella saadaan säästöä 3 351,46 €/a. Tavanomaisen sprinklerijärjestelmän takaisinmaksuajaksi saataisiin tällöin noin 36,5 vuotta.



Taulukko 4. Vuosittaiset kustannukset palovahingoista.

<b>Vahinko</b>	<b>Suojaamaton</b>	<b>Sprinklerisuojattu</b>
<b>Kuolema</b>	<b>1 639,77 €/a</b>	<b>163,98 €/a</b>
<b>Loukkaantuminen</b>	<b>1 053,38 €/a</b>	<b>105,34 €/a</b>
<b>Omaisuuksvahingot</b>	<b>1 030,70 €/a</b>	<b>103,07 €/a</b>
<b>Yhteensä</b>	<b>3 723,85 €/a</b>	<b>372,38 €/a</b>

#### 6.4 Kustannus-hyötyanalyysi

Automaattisella sammutusjärjestelmällä saavutettavista säästöistä vähennetään kunnossapidon kulut. Näin saatu vuosittainen tuotto muunnetaan perusvuoden nykyarvoon eli 2015 vuoteen kaavan (2) avulla. Myös jäännösarvo muunnetaan nykyarvoon. Kustannus-hyötyanalyysissä tavanomaisella sprinklerijärjestelmällä jäädään 46 859 € tappiolle. Vastaavasti matalapainesumujärjestelmä jää tappiolle 130 350 € ja korkeapainesumujärjestelmä 178 289 €. Toinen vaihtoehto olisi selvittää kaavalla (3) investointikustannuksen annuiteetti ja verrata saatua annuiteettia vuosituottoihin.

Tässä vaiheessa investointi näyttäisi tuottavan hieman tappiota. Kyseessä on kuitenkin asuinrakennus, joten jokin osa kustannuksista voidaan kattaa asuntojen myyntihinnalla, yhtiövastikkeella tai vuokralla. Esimerkiksi perimällä jokaiselta asunnolta 57,66 € vuodessa yhtiövastikkeena tulisi tavanomaisen sprinklerijärjestelmän tuotoksi 1,97 €.

Muiden arvojen herkkyytarkastelusta huomataan, että yksittäistä lähtöarvoa joudutaan muuttamaan melko paljon kannattavuuden kääntämiseksi positiiviseksi. Esimerkiksi syttymistäajuustiheyden lähes kaksinkertaistuessa arvoon  $8,6E-6 \text{ 1/m}^2\text{a}$ , muuttuu sammutusjärjestelmän tuotto positiiviseksi ollen 3 463,41 € ja vastaavasti investoinnin kustannuksen puolittuminen johtaa 1 237,55 € tuottoon.

## 6.5 Vaikutusten arviointi

Kustannus-hyötyanalyysivaiheessa on automaattisen sammutusjärjestelmän hyödyistä ja vaikutuksista huomioitu vasta sen vaikuttavuus tulipalon henkilö- ja omaisuusvahinkoihin. Tämä johtuu lähinnä siitä, että muiden vaikutusten rahallinen arviointi on haastavaa. Vaikutusten arvioinnissa voidaan saavutettavat hyödyt ilmaista myös muilla keinoin kuin rahamääräisenä. Arviointi voidaan ilmaista selkeästi esimerkiksi taulukon 5 avulla. Taulukossa kuvaillaan vaikutus sanallisesti ja ilmaistaan vaikutuksen suuruutta sopivalla tavalla. Sopivan arvon tai yksikön puuttuessa voidaan vaikutus kuvata + ja – merkein, investoinnin hyväksi tai sitä vastaan.

Esimerkkitapauksen kustannus-hyötyanalyysissä jäi moni automaattisen sammutuslaitteiston hyöty huomioimatta. Nämä hyödyt huomioidaan vaikutusten arvioinnissa. Selkeästi dokumentoituna ja perusteltuna kustannus-hyötyanalyysi vaikutusten arvioinnilla täydennettynä antaa investointipäätöksen tekijöille hyvin tukea investointipäätöksen tekemiseksi.

Ilman automaattista sammutuslaitteistoa jää paloturvallisuudesta huolehtiminen ja etenkin tulipalossa toimiminen asukkaiden vastuulle. Pohdittavia asioita ovat mm.

- hankkiiko asukas alkusammutuskalustoa
- osaako asukas alkusammutuksen
- kuinka tehokas alkusammutus on
- miten kauan palokunnalla menee saapua kohteeseen
- millaiset pelastautumismahdollisuudet asukkailla on.

Taulukko 5. Esimerkin vaikutusten arviointi.

<b>Vaikutuksen kuvaus</b>	<b>Vaikutuksen suuruus</b>	<b>Huomioitu kustannus- hyötyanalyysissä</b>
<b>Tulipalon vaikutukset</b>		
<b>Palokuolemat</b>	<b>++</b>	<b>Kokonaan</b>
<b>Loukkaantumiset</b>	<b>++</b>	<b>Kokonaan</b>
<b>Omaisuusvahingot</b>	<b>++</b>	<b>Kokonaan</b>
<b>Ympäristövaikutukset</b>		
<b>Tulipalon kasvihuone- kaasupäästöjen vähe- neminen</b>	<b>Sammutuslaitteisto pienentää jopa 97,8 % ++</b>	<b>Ei huomioitu</b>
<b>Sammutusveden saas- tumisen väheneminen</b>	<b>+</b>	<b>Ei huomioitu</b>
<b>Muita vaikutuksia</b>		
<b>Pelastuslaitoksen työ- turvallisuuden parane- minen</b>	<b>+</b>	<b>Ei huomioitu</b>
<b>Lievennykset palomää- räyksistä</b>	<b>+</b>	<b>Ei huomioitu</b>
<b>Turvallisuuden tunteen lisääntyminen</b>	<b>++</b>	<b>Ei huomioitu</b>
<b>Vakuutusmaksualen- nukset</b>	<b>Joitain kymmeniä eu- roja asuntoa kohden +</b>	<b>Ei huomioitu</b>

## 7 Johtopäätökset

Automaattisten sammutuslaitteistojen kannattavuuden arviointi voidaan suorittaa monin tavoin. Arvioinnissa on aina otettava rakennus ja sen käyttötarkoitus huomioon kokonaisuutena. Haastavinta kannattavuuden arvioinnissa on sammutuslaitteistolla saavutettavan tuoton, hyötyjen ja vaikutusten vertaaminen kustannuksiin, koska hyötyjä ja vaikutuksia ei voida aina mitata rahassa. Toisen haasteen muodostaa tiedonkerääminen. Laskentaan tarvittavia lähtötietoja voi joutua keräämään monista eri tilastoista, tutkimuksista ja julkaisuista.

Vaikka laskentamenetelmät ovat monipuoliset ja niitä voidaan hyödyntää ainakin osittain, tarvitaan automaattisen sammutuslaitteiston kannattavuuden arvioinnissa asiantuntijoita. Lukuisten ei-rahassa mitattavien hyötyjen tarkastelussa asiantuntijat pystyvät vertaamaan suojaamattoman ja suojatun rakennuksen eroja paloturvallisuudessa perustuen kokemuksiin, tilastoihin ja tutkimuksiin.

## LÄHTEET

A 744/2000. Sisäasiainministeriön asetus automaattisista sammutuslaitteistoista.

Asikainen, H. 2007. Taloudellinen arviointi julkisella sektorilla. Taloudellisen arvioinnin laskentateoreettiset ja laskentakäytännölliset ominaispiirteet, kehitys ja vuorovaikutus. Case: terveydenhuolto. Licensiaattitutkimus. Tampereen yliopisto.

Bureau Veritas. 2011. Business Sprinkler Alliance. Assessin the role for fire sprinklers. [Verkkojulkaisu] Saatavissa: <http://www.ifsm.org.uk/wp-content/uploads/2014/08/Assessing-the-role-for-fire-sprinklers.pdf>

CEA 4001: 2007-06 (fi). Sprinklerilaitteistot, Suunnittelu ja asentaminen.

E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2011. Rakennusten paloturvallisuus. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Haahtela. 2015. Talonrakennuksen kustannustieto 2015. Helsinki: Haahtela-kehitys Oy.

Ihalainen, R. 2016. Ryhmäpäällikkö. Granlund Oy. Haastattelu 11.11.2016.

Pulakka, S., Heimonen, I., Junnonen, J-M. & Vuolle, M. 2007. Talotekniikan elinkaarikustannukset. [Verkkojulkaisu] Espoo. VTT tiedotteita 2409. Saatavana: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2409.pdf>

Rönty, V., Keski-Rahkonen, O. & Hassinen, J-P. 2004. Reliability of sprinkler systems. Exploration and analysis of data from nuclear and non-nuclear installations. [Verkkojulkaisu]. Espoo: VTT Working Papers 15. [Viitattu 11.11.2016]. Saatavana: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2004/W15.pdf>

Saari, A. 2000. Rakennusten elinkaaritalous. Teoksessa: P. Neuvonen (toim.) Rakentajan ekotieto, uudisrakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy, 50–59.

Saari, A. 2004. Elinkaarilaskenta. Teoksessa: O. Seppänen (toim.) Ilmastoinnin suunnittelu. Suomen LVI-liitto, 389–402.

SFS-EN 12845 + AC. 2015. Kiinteät palonsammutusjärjestelmät. Automaattiset sprinklerilaitteistot. Suunnittelu, asennus ja huolto.

SFS 5980. 2014. Asuntosprinklerilaitteistot. Osa 1: suunnittelu, asentaminen ja huolto (INSTA 900-1:2013). 2. painos.

- Tervonen, J. & Metsäranta, H. 2015. Tie- ja rautatieliikenteen hankearvioinnin yksikköarvojen määrittäminen vuodelle 2013. [Verkkojulkaisu]. Liikennevirasto. [Viitattu 11.11.2016]. Saatavana: <http://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/34253/Tie-+ja+rautatieliikenteen+hankearvioinnin+yksikk%C3%B6arvon+m%C3%A4%C3%A4ritt%C3%A4mienn+vuodelle+2013.pdf/a3d5aa43-45bd-4f90-a8da-29fd99512ba9>
- Tillander, K., Oksanen, T. & Kokki, E. 2009. Paloriskin arvioinnin tilastopohjaiset tiedot. [Verkkojulkaisu]. Espoo. VTT tiedotteita 2479. Saatavana: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2479.pdf>
- Vaari, J., Tillander, K., Rinne, T. & Paloposki, T. 2010. Asuntosprinklaus Suomessa. Vaikuttavuuden arviointi. Osa 2. [Verkkojulkaisu]. Espoo. VTT tiedotteita 2527. [Viitattu 11.11.2016]. Saatavana: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2527.pdf>
- Watanabe, A. 1979. Effectiveness of Active Fire Protection Systems. U.S./Japan Government Cooperative Program on Natural Resources (UJNR). Fire Research and Safety. 4<sup>th</sup> Joint Panel Meeting. February 5-9, 1979, Tokyo, Japan, 1979.
- Wieczorek C., Ditch B. & Bill R. 2010. Environmental impact of automatic fire sprinklers. [Verkkojulkaisu]. FM Global. [Viitattu 11.11.2016]. Saatavissa: <http://www.iccsafe.org/gr/Documents/AdoptionToolkit/FM-Global-EnvironmentalImpactAutomaticFireSprinklers.pdf>

## **LIITTEET**

Liite 1. Esimerkkikohteen rakennusosa-arviot

## Liite 1. Esimerkkikohteen rakennusosa-arviot

### RAKENNUSOSA-ARVIO

Hanke	Esimerkki	Paikkakunta	HELSINKI	
Osoite	Ilman automaattista sammutuslaitteistoa	Ajankohta	1/2011	
		Haahtela-indeksi	85	
		Laajuus	4149	brm2
		€ / brm2	€	%
	<b>Rakennusosat</b>			
11	Alueosat	89	369483	6 %
12	Talo-osat	416	1724004	26 %
13	Tilaosat	251	1040326	16 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>755</b>	<b>3133813</b>	<b>47 %</b>
	<b>Tekniikkaosat</b>			
21	Putkiosat	89	371168	6 %
22	Ilmanvaihto-osat	31	126982	2 %
23	Sähköosat	58	241425	4 %
24	Tieto-osat	8	33997	1 %
25	Laiteosat	30	126529	2 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>217</b>	<b>900101</b>	<b>13 %</b>
	<b>Hanketehtävät</b>			
31	Hankkeen johtotehtävät	71	295747	4 %
32	Suunnittelutehtävät	82	339992	5 %
33	Rakentamisen johtotehtävät	195	811020	12 %



34	Työmaatehtävät	128	532281	8 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>477</b>	<b>1979040</b>	<b>30 %</b>
	<b>Kiinteistötehtävät</b>			
41	Maa-alue	89	368000	6 %
42	Rahoitus ja markkinointi	33	137000	2 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>122</b>	<b>505000</b>	<b>8 %</b>
	<b>Hankevaraukset</b>			
61	Suunnitelma- ja hintamuutokset	36	150324	2 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>36</b>	<b>150324</b>	<b>2 %</b>
	<b>Perustamiskustannukset</b>	<b>1607</b>	<b>6668278</b>	<b>100 %</b>
	<b>Arvonlisävero 24 %</b>	385,73	1600386,72	0,24
	<b>Perustamiskustannukset yhteensä</b>	<b>1992,93</b>	<b>8268664,72</b>	<b>1,24</b>

## RAKENNUSOSA-ARVIO

Hanke	Esimerkki	Paikkakunta	HELSINKI	
Osoite	Sprinkleri suojaus	Ajankohta	1/2011	
		Haahtela-indeksi	85	
		Laajuus	4149	brm2
		€ / brm2	€	%
	<b>Rakennusosat</b>			
11	Alueosat	89	369483	5 %
12	Talo-osat	416	1724004	25 %
13	Tilaosat	251	1040326	15 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>755</b>	<b>3133813</b>	<b>46 %</b>
	<b>Tekniikkaosat</b>			
21	Putkiosat	89	371168	5 %
22	Ilmanvaihto-osat	31	126982	2 %
23	Sähköosat	58	241425	4 %
24	Tieto-osat	8	33997	1 %
25	Laiteosat	30	126529	2 %
2171	Sprinkleri	17	69435,24	1 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>234</b>	<b>969536,24</b>	<b>14 %</b>
	<b>Hanketehtävät</b>			
31	Hankkeen johtotehtävät	72	300793	4 %
32	Suunnittelutehtävät	83	344855,07	5 %
33	Rakentamisen johtotehtävät	198	821575,47	12 %
34	Työmaatehtävät	131	544038,95	8 %

	<b>Yhteensä</b>	<b>485</b>	<b>2011262,49</b>	<b>30 %</b>
	<b>Kiinteistötehtävät</b>			
41	Maa-alue	89	368000	5 %
42	Rahoitus ja markkinointi	33	137000	2 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>122</b>	<b>505000</b>	<b>7 %</b>
	<b>Hankevaraukset</b>			
61	Suunnitelma- ja hintamuutokset	37	152865,29	2 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>37</b>	<b>152865,29</b>	<b>2 %</b>
	<b>Perustamiskustannukset</b>	<b>1632</b>	<b>6772477,02</b>	<b>100 %</b>
	<b>Arvonlisävero 24 %</b>	391,76	1625394,485	0,24
	<b>Perustamiskustannukset yhteensä</b>	<b>2024,07</b>	<b>8397871,50</b>	<b>1,24</b>

## RAKENNUSOSA-ARVIO

Hanke	Esimerkki	Paikkakunta	HELSINKI	
Osoite	Matalapaine sumusprinkleri suojaus	Ajankohta	1/2011	
		Haahtela-indeksi	85	
		Laajuus	4149	brm2
		€ / brm2	€	%
	<b>Rakennusosat</b>			
11	Alueosat	89	369483	5 %
12	Talo-osat	416	1724004	25 %
13	Tilaosat	251	1040326	15 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>755</b>	<b>3133813</b>	<b>46 %</b>
	<b>Tekniikkaosat</b>			
21	Putkiosat	89	371168	5 %
22	Ilmanvaihto-osat	31	126982	2 %
23	Sähköosat	58	241425	4 %
24	Tieto-osat	8	33997	0 %
25	Laiteosat	30	126529	2 %
2171	Sumusprinkleri matalapaine	33	135936,1	2 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>250</b>	<b>1036037,1</b>	<b>15 %</b>
	<b>Hanketehtävät</b>			
31	Hankkeen johtotehtävät	74	305174,01	4 %
32	Suunnittelutehtävät	84	349076,77	5 %
33	Rakentamisen johtotehtävät	200	830739,28	12 %
34	Työmaatehtävät	132	548029	8 %

	<b>Yhteensä</b>	<b>490</b>	<b>2033019,06</b>	<b>30 %</b>
	<b>Kiinteistötehtävät</b>			
41	Maa-alue	89	368000	5 %
42	Rahoitus ja markkinointi	33	137000	2 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>122</b>	<b>505000</b>	<b>7 %</b>
	<b>Hankevaraukset</b>			
61	Suunnitelma- ja hintamuutokset	37	155071,73	2 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>37</b>	<b>155071,73</b>	<b>2 %</b>
	<b>Perustamiskustannukset</b>	<b>1654</b>	<b>6862940,89</b>	<b>100 %</b>
	<b>Arvonlisävero 24 %</b>	396,99	1647105,814	0,24
	<b>Perustamiskustannukset yhteensä</b>	<b>2051,11</b>	<b>8510046,70</b>	<b>1,24</b>

## RAKENNUSOSA-ARVIO

Hanke	Esimerkki	Paikkakunta	HELSINKI	
Osoite	Korkeapaine sumusprinkleri suojaus	Ajankohta	1/2011	
		Haahtela-indeksi	85	
		Laajuus	4149	brm2
		€ / brm2	€	%
	<b>Rakennusosat</b>			
11	Alueosat	89	369483	5 %
12	Talo-osat	416	1724004	25 %
13	Tilaosat	251	1040326	15 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>755</b>	<b>3133813</b>	<b>45 %</b>
	<b>Tekniikkaosat</b>			
21	Putkiosat	89	371168	5 %
22	Ilmanvaihto-osat	31	126982	2 %
23	Sähköosat	58	241425	3 %
24	Tieto-osat	8	33997	0 %
25	Laiteosat	30	126529	2 %
2171	Korkeapaine sumusprinkleri	42	174120	3 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>259</b>	<b>1074221</b>	<b>16 %</b>
	<b>Hanketehtävät</b>			
31	Hankkeen johtotehtävät	74	307689,53	4 %
32	Suunnittelutehtävät	85	351500,82	5 %
33	Rakentamisen johtotehtävät	201	836001,02	12 %
34	Työmaatehtävät	133	550320,04	8 %

	<b>Yhteensä</b>	<b>493</b>	<b>2045511,41</b>	<b>30 %</b>
	<b>Kiinteistötehtävät</b>			
41	Maa-alue	89	368000	5 %
42	Rahoitus ja markkinointi	33	137000	2 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>122</b>	<b>505000</b>	<b>7 %</b>
	<b>Hankevaraukset</b>			
61	Suunnitelma- ja hintamuutokset	38	156338,63	2 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>38</b>	<b>156338,63</b>	<b>2 %</b>
	<b>Perustamiskustannukset</b>	<b>1667</b>	<b>6914884,04</b>	<b>100 %</b>
	<b>Arvonlisävero 24 %</b>	399,99	1659572,17	0,24
	<b>Perustamiskustannukset yhteensä</b>	<b>2066,63</b>	<b>8574456,21</b>	<b>1,24</b>